

Pracownia: Odpady przemysłowe i ich utylizacja

## Instrukcja ćwiczenia nr 17A

# **Oczyszczanie gazów odlotowych ze związków organicznych – adsorpcja na złożu węgla aktywnego**

Opracowała dr inż. Jadwiga Skupińska  
i dr Hanna Wilczura-Wachnik

Uniwersytet Warszawski Wydział Chemii  
Zakład Dydaktyczny Technologii Chemicznej

Zjawisko adsorpcji gazów przez ciała stałe wykorzystywane jest w metodach oczyszczania powietrza od szeregu lat. Do najczęściej stosowanych adsorbentów należą węgiel aktywny, żel krzemionkowy, naturalne glinokrzemiany i zeolity (syntetyczne glinokrzemiany). Zastosowanie przemysłowe znalazły żel krzemionkowy, glinokrzemiany i zeolity na przykład do rozdzielania i osuszania gazów, natomiast węgiel aktywny wykorzystywany jest głównie do rekuperacji rozpuszczalników oraz jako wypełnienie w pochłaniaczach do ochrony dróg oddechowych i do usuwania z powietrza toksycznych substancji.

Adsorpcja jest zjawiskiem zachodzącym na powierzchni ciała stałego tzw. adsorbentu. Rzeczywista powierzchnia biorąca udział w procesie adsorpcji jest sumą powierzchni zewnętrznej ziaren adsorbentu i powierzchni wewnętrznej wszystkich jego szczelin. Powierzchnię właściwą adsorbentu wyraża się w  $m^2$  na 1g ciała stałego i definiuje jako całkowitą powierzchnię biorącą udział w procesie adsorpcji. Materiały silnie porowate charakteryzują się powierzchnią właściwą rzędu kilkuset  $m^2/g$ . Dzięki tak bardzo rozwiniętej powierzchni mogą one pochłaniać ilości par rozpuszczalników i gazów wielokrotnie przewyższające objętość adsorbentu.

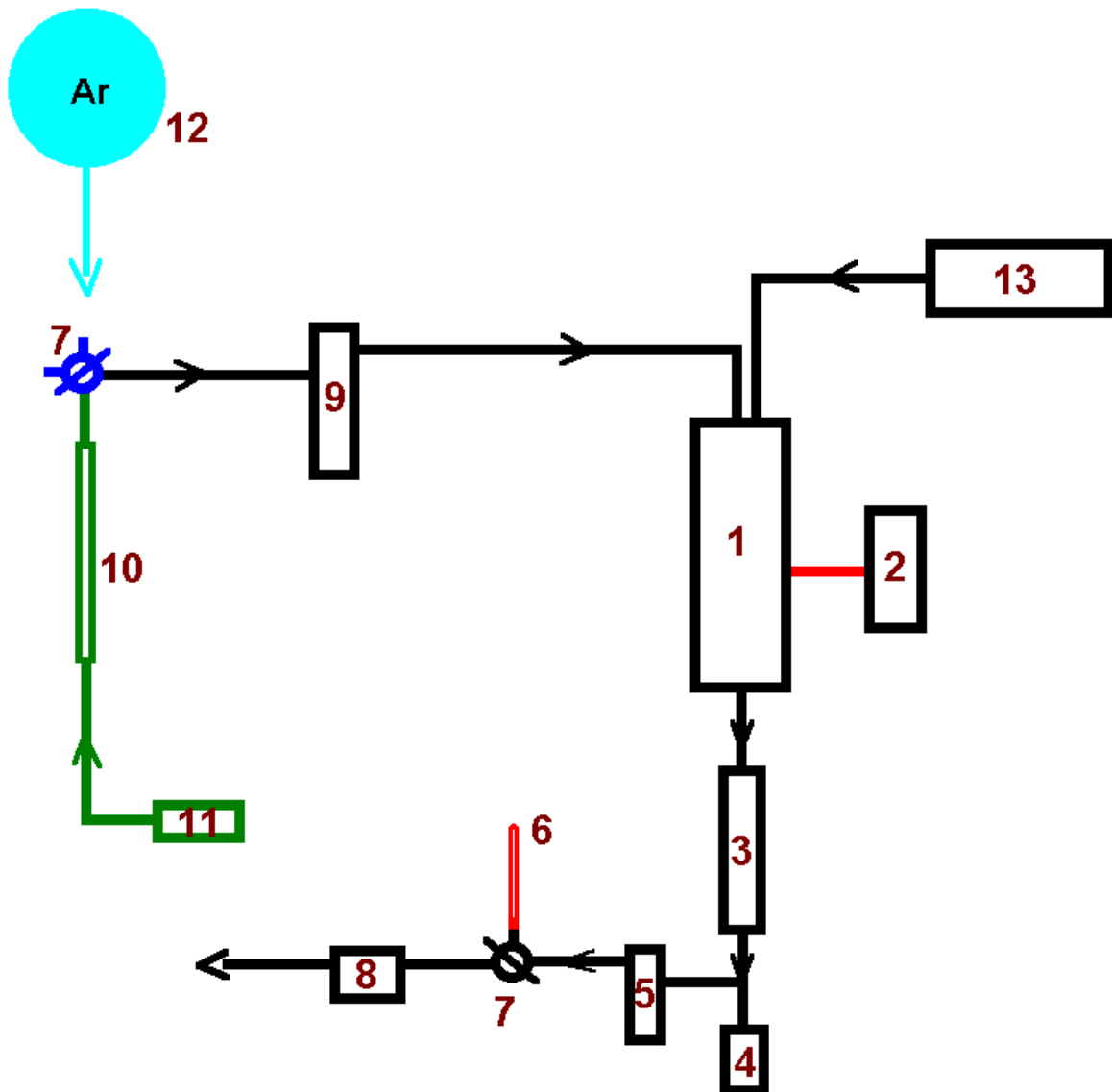
**Celem ćwiczenia** jest zapoznanie studentów z adsorpcyjną metodą oczyszczania gazów z zanieczyszczeń związkami organicznymi. W ćwiczeniu wyznacza się chłonność dynamiczną złoża węgla aktywnego jako adsorbenta węglowodorów występujących w gazach odlotowych.

## Przebieg ćwiczenia

Eksperyment wykonywany jest na zastawie, którego schemat przedstawia załączony rysunek. Adsorber (1) wypełniony jest określoną objętością:  $10cm^3$  (4.65g) węgla aktywnego.

Proces adsorpcji prowadzi się przepuszczając strumień powietrza zanieczyszczonego parami heksanu, lub innego węglowodoru przez warstwę adsorbentu aż do momentu przebicia złoża. Moment przebicia określa się przy pomocy reakcji barwnej stosując np. rurki wskaźnikowe **K-2 (6)**.

Nasycenie powietrza węglowodorem uzyskuje się przepuszczając strumień czystego powietrza przez ogrzaną do odpowiedniej temperatury płuczkę wypełnioną węglowodorem. Zawartość heksanu w strumieniu powietrza reguluje się poprzez zmianę temperatury płuczki i szybkości przepływu powietrza. W pierwszej fazie procesu, heksan jest całkowicie adsorbowany przez warstwę złoża. Do rurki wskaźnikowej **K-2** przechodzi wówczas powietrze oczyszczone z węglowodoru. Po pewnym czasie, chłonność



adsorbenta zostaje przekroczona i wówczas w strumieniu powietrza opuszczającym złoża pojawiają się pewne ilości heksanu. Jest to moment przebicia warstwy adsorbentu. Jego detekcja odbywa się poprzez stwierdzenie zmiany zabarwienia substancji wypełniającej rurkę K-2. Po stwierdzeniu przebicia złoża zamyka się dopływ strumienia zanieczyszczonego powietrza i przeprowadza proces odwrotny tzn. desorpcję węglowodoru.

Proces desorpcji ze złoża węgla aktywnego prowadzi się podnosząc temperaturę złoża do  $\sim 100^{\circ}\text{C}$  i przepuszczając strumień pary wodnej. Strumień par opuszczających adsorbent kierowany jest do wymiennika ciepła (3) gdzie następuje ich kondensacja. Kondensat zawierający zdesorbowany węglowódor i wodę zbiera się w odbieralniku (4). Po zakończeniu desorpcji zawartość odbieralnika waży się i po rozdzieleniu faz warstwę organiczną poddaje się analizie metodą chromatografii gazowej.

Na zakończenie procesu desorpcji adsorbent przepłukuje się strumieniem czystego powietrza. Etap ten zamyka cykl pracy złoża, na który składają się kolejno: regeneracja – aktywacja – adsorpcja – desorpcja - regeneracja. Kolejny

cykl pracy instalacji zawsze poprzedza przepłukanie złoża strumieniem gazu obojętnego.

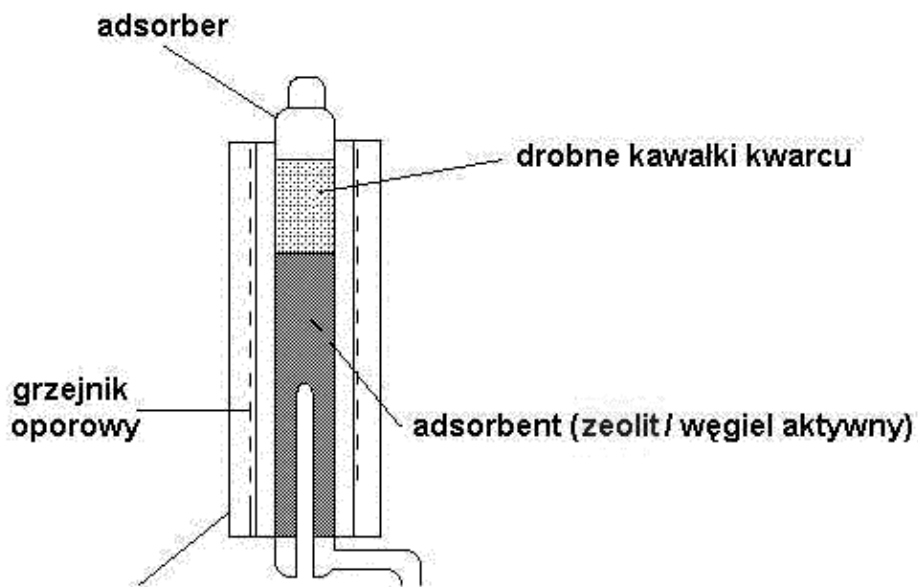
## **Kolejność czynności:**

### **Proces adsorpcji**

1. Zważyć odbieralnik (4) i podłączyć do układu.
2. Płuczkę (9) napełnić węglowodorem i po zważeniu podłączyć do układu.
3. Zamontować rurkę wskaźnikową (6) w elemencie (7).
4. Rozpocząć przepuszczanie powietrza przez płuczkę (9) z węglowodorem ustalając szybkość przepływu powietrza przy pomocy rotametu (10).
5. Strumień powietrza zanieczyszczonego węglowodorem skierować na złożo.
6. Obserwować rurkę wskaźnikową **K-2**, sprawdzać czy nie następuje przebicie złoża.
7. Gdy nastąpi zmiana barwy substancji wypełniającej rurkę przerwać proces odcinając dopływ zanieczyszczonego powietrza.
8. Odłączyć płuczkę (9) z pozostałym węglowodorem i zważyć.

### **Desorpcja**

1. Wymrażalnik (5) wypełnić suchym lodem (stały  $\text{CO}_2$ ) z dodatkiem acetonu.  
**Czynności ta wymaga bezwzględnego stosowania okularów ochronnych!**
2. Podnieść temperaturę złoża do  $\sim 100^\circ\text{C}$  (2) i po ustaleniu temperatury przemywać strumieniem pary wodnej.
3. Produkty desorpcji zebrać w odbieralniku (4).
4. Przepłukać złożo gazem obojętnym.
5. Wyłączyć grzanie pieca.
6. Zważyć zawartość odbieralnika.
7. Produkt desorpcji zanalizować metodą chromatografii gazowej.



**Po wykonaniu eksperymentu należy:**

- obliczyć natężenie przepływu węglowodoru w mg/min.
- zbilansować proces.
- zinterpretować chromatogramy.
- określić ilość odzyskanego węglowodoru w %.
- wykonać opis ćwiczenia, który powinien zawierać cel i opis eksperymentu z podaniem ilości stosowanych substancji, schemat aparatury, spostrzeżenia, dyskusję uzyskanych wyników, oraz wnioski wraz z oceną przydatności metody do oczyszczania powietrza z zanieczyszczeń węglowodorami.